

EVALUACIÓN DE EQUIPOS DE ASPERSIÓN PARA EL CONTROL DE *Hypothenemus hampei* CON EL HONGO *Beauveria bassiana*

Elizabeth Flórez-M*, Alex E. Bustillo-Pardey**, Esther C. Montoya-Restrepo**

RESUMEN

FLÓREZ M., E.; BUSTILLO P., A.E.; MONTOYA R., E.C. Evaluación de equipos de aspersión para el control de *Hypothenemus hampei* con el hongo *Beauveria bassiana*. *Cenicafé* 48 (2): 92-98. 1997.

En una finca de Palestina, Caldas se evaluó la eficiencia de la aplicación del hongo *Beauveria bassiana* sobre adultos de *Hypothenemus hampei*, previa infestación artificial, con equipos de presión previa retenida y semiestacionarios, utilizando la variable proporción de volumen recuperado por árbol, complementada con pruebas biológicas. Se utilizaron plantas de variedad Colombia de segunda cosecha, equipos de alto volumen: Triunfo 40-100-10, y Maruyama MS253 y un equipo motorizado de bajo volumen (Motax), y dosis de 1×10^{10} esporas por árbol en mezcla con colorante. Se seleccionó una rama en el tercio superior y otra en el tercio medio de los árboles y de cada rama 10 frutos de la parte interna y 10 de la externa para realizar las evaluaciones. El efecto insecticida sobre adultos de broca se evaluó semanalmente durante 35 días. Se usó un diseño completamente aleatorio con 10 repeticiones. El análisis estadístico (Tukey 5%), mostró mayor eficiencia con el equipo Motax (bajo volumen), sin embargo, la cantidad total de la aspersión fue mayor con el equipo Semiestacionario, seguido por el de Presión previa retenida y el Motax, y se obtuvo mayor cubrimiento en los frutos ubicados en la parte media del árbol. En la prueba biológica no se detectaron diferencias significativas entre equipos, en relación con la infección por *B. bassiana* sobre adultos de broca, la cual fue de 52,1% en promedio.

Palabras claves: Café, Colombia, *Coffea arabica*, *Hypothenemus hampei*, entomopatógenos, broca del café, control biológico, equipos de aspersión.

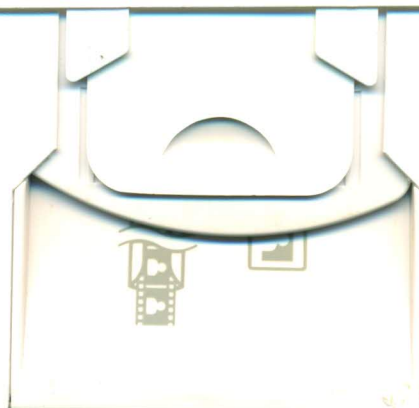
ABSTRACT

A study was carried out to evaluate the efficiency of high and low volume spray machines complemented with biological tests of *Beauveria bassiana* infection on *H. hampei* adults, in a farm located in Palestina, Caldas. Sprays were made on second harvest coffee plants of the Colombia variety using two high volume spray machines: Retained pressure (Triunfo 40-100-10), semistationary (Maruyama MS253) and a low volume motorized prototype Motax. The *B. bassiana* dosage used was 1×10^{10} spores / tree mixed with colorants. On each experimental unit two branches were randomly selected, one on the upper third and the other one on the middle third of the trees, and from each branch 10 berries were taken from the outer part as well as from the inner part for evaluation of spray deposits. The effect of *B. bassiana* was evaluated weekly for a period of 35 days, using a complete randomized design with 10 replications. The statistical analysis (Tukey 5%), showed an equipment effect in the physical test; the efficiency measured as a proportion of the volume of the spray that reached berries, was greater with the Motax equipment, however the total amount of spray was greater with the Semistationary equipment followed by Retained pressure and Motax and the better coverage was achieved on berries located in the middle part of the tree. Results on the efficacy of using *B. bassiana* with the different spray systems did not show significant differences; average fungus infection for all treatments was 52.1%.

Keywords: Coffee, Colombia, *Coffea arabica*, entomopathogens, coffee berry borer, biological control, spray equipment

* Asistente de Investigación. Entomología. Cenicafé, hasta 1994.

** Investigador Principal I e Investigador Científico I, respectivamente. Entomología y Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.



Una vez se registró la presencia de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia, se ha recomendado la integración de varias medidas de control, como las prácticas culturales, el uso del control biológico, este último considerado como un componente importante dentro de un programa de manejo integrado de la broca (2) y sólo en casos de alta infestación, la aplicación de insecticidas químicos de baja toxicidad.

Hasta el momento se han utilizado diferentes equipos de aspersión en la aplicación de productos químicos y del entomopatógeno de mayor incidencia sobre la broca, el hongo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. El empleo de estos equipos proporciona altos volúmenes de aspersión (200- 400 l / ha) y utilizan boquillas que producen tamaños de gotas muy variables, lo que conlleva a pérdidas por deriva y escurrimiento, de tal manera que su eficiencia normalmente se ve reducida.

Una buena aspersión debe proporcionar un óptimo cubrimiento de la plaga, lo cual es posible llevar a cabo con la utilización de un equipo que permita depositar el mayor número de esporas sobre los frutos, minimizando las pérdidas por deriva, goteo y degradación del producto. Por esta razón se hace necesario conducir investigaciones tendientes a optimizar los equipos de aspersión, que por tradición han sido herramienta básica del pequeño caficultor y al mismo tiempo, poder recomendar el uso de equipos de alto rendimiento y eficiencia.

La acción de los entomopatógenos formulados para el control de insectos plagas en el campo está influenciada por cuatro aspectos: 1) la actividad biológica de la formulación, 2) el momento oportuno de la aspersión, en relación con el desarrollo del insecto y su planta hospedante, 3) el cubrimiento logrado en la planta con la formulación utilizada y, 4) la

estabilidad de la formulación cuando se expone a condiciones ambientales limitantes por temperatura, humedad relativa y luz solar, resultando este último, el factor que más afecta la persistencia del entomopatógeno en el campo (1).

B. bassiana se puede asperjar en mezcla con aceites. Recientemente Vélez y Montoya (5) encontraron que formulaciones del hongo en agua y aceite incrementaban su sobrevivencia y Prior *et. al.* (4) observaron una mayor eficacia al usarlo contra *Pantorhythes plutus*.

Con la ayuda de una técnica colorimétrica, en el laboratorio fue posible evaluar el cubrimiento sobre frutos de café utilizando diferentes sistemas y equipos de aspersión. Se observó un mejor cubrimiento en los frutos de la parte media del árbol tanto con los equipos de alto volumen como con el de bajo volumen, pero con éste último el cubrimiento fue más homogéneo (3). Además los ensayos preliminares demostraron que el colorante anilina azul de origen vegetal usado en alimentos, es inócuo a las esporas de *B. bassiana*.

El objetivo general de esta investigación fue el de evaluar diferentes equipos y sistemas de aspersión para el control de *H. hampei* con el hongo *B. bassiana* en el campo y establecer el volumen de producto recuperado por árbol y la eficacia del hongo contra la plaga.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante 1994 en la finca la Esperanza, ubicada a 1410 msnm, en el municipio de Palestina (Caldas). El experimento se realizó en parcelas de variedad Colombia de tres años de edad, sembradas a una distancia de 1,0 m x 1,5 m, en una pendiente del 5%.

Con el fin de estudiar la eficiencia de los equipos evaluados mediante el sistema de alto y bajo volumen, se realizó una prueba física y como complemento de este trabajo se llevó a cabo una prueba biológica para determinar la infección causada por el hongo *B. bassiana* sobre adultos de *H. hampei*.

Prueba física. Debido a la compatibilidad que presentó el hongo *B. bassiana* con colorantes vegetales *in vitro*, fue posible realizar aspersiones de dicha mezcla en el campo para evaluar el volumen aplicado por fruto. Se realizaron aspersiones en proporción de 20 g del colorante anilina azul por litro de suspensión de *B. bassiana* (1×10^{10} esporas / árbol = 6×10^{13} esporas / ha) adicionando 0,7 % de aceite emulsionable ("Carrier"). Se utilizaron tres equipos de aspersión, dos de alto volumen y el prototipo de bajo volumen (Tabla 1). El volumen de aplicación se calibró con base en la edad de los árboles, por tanto, se utilizaron 300 l / ha para el equipo de presión previa retenida (PPR), 300 l / ha para el Semiestacionario y 60 l / ha para el Motax.

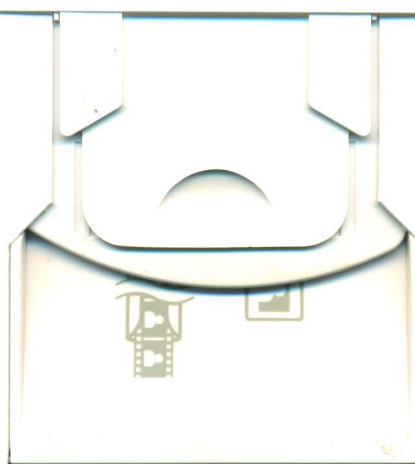
El sistema de aspersión para el prototipo Motax y el equipo PPR, consistió en dirigir la aspersión a todo el árbol, cubriendo dos medias caras por pasada. Con el equipo Semiestacionario se asperjaron dos surcos por pasada, sobre la copa de los árboles. El efecto de los tratamientos se evaluó bajo un diseño completamente aleatorio, con la variable volumen recuperado por árbol estimada mediante el volumen observado por fruto.

La unidad experimental la conformaron 50 árboles (5 surcos x 10 árboles) y la aspersión se realizó sobre 5 árboles centrales, de los cuales se evaluó el árbol del centro. El número de unidades experimentales fue de 10 por tratamiento de acuerdo con la estimación para la varianza en estudios preliminares, con un nivel de significancia del 5% y una diferencia máxima aceptable de 7 ml/árbol, para una confiabilidad en los resultados del 93%. Por cada unidad experimental se evaluaron dos ramas de la zona productiva (estrato alto y medio del árbol) y de cada rama se retiraron 20 frutos (10 de la parte interna y 10 de la parte externa).

TABLA 1. Características de los equipos de aspersión utilizados para evaluar la eficacia de la aplicación de entomopatógenos contra la broca del café.

Sistema	Equipo	Referencia	Descripción
Alto volumen	PPR	Triunfo 40-100-10	Boquilla HC3 Flujo: 190 cc/min. 40 p.s.i.
Alto volumen	Semiestacionario	Maruyama MS 253	Dos discos en línea referencia D35 Flujo: 1700 cc/min 20 kg/cm ²
Bajo volumen	Motorizado de espalda	Prototipo Motax (ACG)*	Disco rotativo Ventilador a 5000 r.p.m Flujo: 140 ml/min.

* Aplicación controlada de gotas.



Estos frutos se depositaron en bolsas plásticas por separado y se trasladaron al laboratorio, para ser lavados en 5 ml de agua destilada, agitándose constantemente durante 30 segundos. Posteriormente se filtró el contenido de la bolsa y se recolectó la muestra filtrada en recipientes, "beaker" para ser depositada en la celda de un espectrofotómetro (Perkin-Elmer Lambda 3B. Finalmente se realizó la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 629 nm y se determinó el volumen aplicado por rama utilizando la técnica colorimétrica y basados en esta información se estimó el volumen aplicado por fruto.

Prueba biológica. La dosis del hongo *B. bassiana* utilizada fue de 1×10^{10} esporas / árbol (6×10^{13} esporas / ha) a la cual se adicionó el 0,7% de aceite emulsionable. Los equipos y el sistema de aspersión fueron los mismos empleados para la prueba física.

Diseño experimental: Se evaluó el efecto de los tratamientos (Tabla 2), mediante un diseño completamente aleatorio utilizando como variable el porcentaje de infección por *B. bassiana* sobre adultos de *H. hampei*. Este estudio se llevó a cabo en las mismas parcelas del ensayo anterior. La unidad experimental la conformaron 50 árboles (5 surcos x 10 árboles) y la aspersión, previa calibración de los equipos y operarios, se realizó sobre los cinco árboles de la zona central, de los cuales se evaluó una rama de la zona

productiva del árbol ubicado en el centro. El número de unidades experimentales fue de 10 por tratamiento y se estableció una diferencia máxima aceptable del 20% de infección por hongo, para obtener una confiabilidad en los resultados del 75%.

Dos horas después de realizada la aspersión del hongo se seleccionó al azar una rama de la zona productiva con frutos en estado de semiconsistencia (120 días de edad) y se procedió a infestar cada rama con 200 brocas adultas, completamente activas y recién emergidas, provenientes de frutos "guayaba" recolectados en campo siguiendo la metodología de Villalba et al. (6) en mangas entomológicas. Después de cuatro días se retiraron de las mangas aquellas brocas que no infestaron los frutos y se registró el porcentaje de infestación en cada rama.

Semanalmente se realizaron observaciones visuales, y se anotó el número de brocas que presentaban micelio, ubicadas en las posiciones A y B del fruto (6). Después de 30 días de realizada la aspersión, estos frutos se recolectaron y se trasladaron al laboratorio para estimar mediante disección, el número total de brocas, brocas con micelio blanco y brocas muertas sin signos de micelio. Estas últimas se colocaron en una cámara húmeda durante cinco días para determinar si la muerte se debió a la acción del hongo.

TABLA 2. Dosis de *Beauveria bassiana* y volumen empleado en los diferentes tratamientos para evaluar la eficacia de las aspersiones de entomopatógenos contra la broca del café.

Equipo	ml/árbol	Esporas/árbol <i>B. bassiana</i>	Esporas/ha <i>B. bassiana</i>
PPR	50	1×10^{10}	6×10^{13}
Semiestacionario	50	1×10^{10}	6×10^{13}
Motax	10	1×10^{10}	6×10^{13}

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba física. Los resultados sobre el volumen de aspersión recuperado por rama para cada equipo aparecen en la Tabla (3); el análisis de varianza (Tukey 5%) mostró efecto del equipo al nivel del 5%. La estimación de la eficiencia de la aspersión, en porcentaje de volumen real que

llegó a los árboles (Tabla 4) fue mayor (14,5%) para el prototipo Motax (de bajo volumen). Con respecto a los equipos de alto volumen, el semiestacionario obtuvo un 7,3% de eficiencia y con el de presión previa retenida fue de 5,5%. Estos resultados indican que un incremento en el volumen de aspersión / árbol / ha, no implica una mayor eficiencia en el cubrimiento de los frutos.

TABLA 3. Volumen (μ l) recuperado por rama de árbol de café después de una aspersión de entomopatógenos, usando equipos de alto (AV) y bajo (BV) volumen.

Sistema	Equipo	Parte de la rama	Posición de la rama		\bar{X}
			Alta	Media	
			μ l		
AV	Semiestacionario	Interna	91,1	113,8	107,9b 48,9
		Externa	104,2	122,4	
		\bar{X}	97,7	118,1	
		CV (%)	9,45	5,2	
AV	Presión previa retenida	Interna	80,7	89,7	91,4b 43,0
		Externa	74,7	120,5	
		\bar{X}	77,8	105,1	
		CV (%)	5,4	20,6	
BV	Motax	Interna	45,5	53,8	46,9a 28,3
		Externa	41,3	47,1	
		\bar{X}	43,4	50,4	
		CV (%)	6,8	9,5	
		\bar{X}	73,0a	91,2b	
		CV (%)	7,2	11,8	

* Promedios seguidos de la misma letra no difieren significativamente de acuerdo con la prueba de Tukey al 5%.

TABLA 4. Estimación del volumen recuperado por fruto (μ l) y por árbol de café (ml) después de una aspersión con diferentes equipos de aspersión de alto (AV) y bajo volumen (BV).

Sistema	Equipo	Volumen aplicado por árbol (ml)	Volumen recuperado por fruto (μ l)	Volumen recuperado por árbol (ml)	Eficiencia aplicación (%)
AV	Semiestacionario	50	3,47	3,56	7,1
AV	Presión previa retenida	50	3,24	2,65	5,3
BV	Motax Prototipo	10	1,75	1,45	14,5

El sistema a bajo volumen (Prototipo Motax) resultó ser más eficiente; este equipo está constituido por un disco rotativo unido a un ventilador que gira a 5000 r.p.m. y produce gotas uniformes de 100 μ m las cuales aumentan la proporción de la aspersión adherida a los frutos. Sin embargo, la cantidad total de aspersión recuperada por árbol fue mayor con el equipo semiestacionario, seguida del PPR y del Motax (Tabla 3).

El análisis de varianza, mostró diferencias en cuanto a la posición de la rama, observándose mayor volumen (91,2 μ l) en frutos localizados en ramas del estrato medio y menor para los frutos presentes en ramas del estrato alto del árbol (73,0 μ l). De otro lado no se observó efecto en la proporción del volumen sobre la parte interna y externa de los frutos presentes en las ramas (Tabla 3).

Estos resultados indicaron que un incremento en el volumen de aspersión / árbol / ha no implica un mejor cubrimiento de los frutos. Por esta razón el sistema a bajo volumen (Motax) resultó ser más eficiente.

La mayor proporción del volumen recuperado para los sistemas de alto y bajo volumen (300 l/ha y 60 l/ha) se presentó en los frutos de

las ramas del estrato medio, debido a que la cosecha (mitaca- abril/1994) se encontraba localizada en esta parte del árbol y por tal razón estas ramas presentaron un menor follaje. Esto indica, que no es necesario aumentar el volumen de aspersión por árbol para obtener un mejor cubrimiento de los frutos, puesto que la posición media del árbol se ve favorecida con los dos sistemas: de alto y bajo volumen.

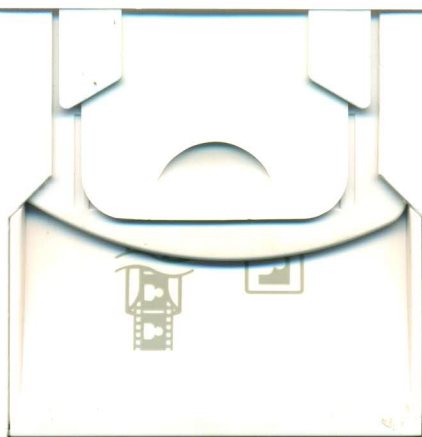
Las aspersiones con el equipo Motax reducen el volumen total de aspersión lo cual se refleja en una disminución en el tiempo y los costos de aspersión comparados con los de alto volumen.

Prueba biológica. Con relación a esta prueba, la infestación fue homogénea, con un promedio por rama del 71,1% y no se presentaron diferencias en el número de brocas por tratamiento. Al realizar el análisis de varianza con un diseño completamente aleatorio teniendo como variable de respuesta la infección por el hongo y la covariable infestación, no hubo significancia y no se corroboró su efecto como tal, razón por la cual no fue necesario corregir los datos de infección por el hongo para evaluar el efecto de los tratamientos.

TABLA 5. Infección causada por *B. bassiana* sobre adultos de *H.hampei* después de 30 días de realizada la aspersión de una formulación del entomopatógeno mediante diferentes equipos de aspersión.

Equipo	Esporas Bb/árbol	Infestación (%)		Infección (%)	
		\bar{X}	CV	\bar{X}	CV
PPR	1x10 ¹⁰	67,9 a*	44,7	52,7 a	33,2
Semiestacionaria	1x10 ¹⁰	70,7 a	44,6	52,7 a	44,7
Motax	1x10 ¹⁰	76,7 a	31,7	50,9 a	56,8

* Promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente (Tukey al 5%).



En la Tabla 5 se registra el porcentaje de infección de *B. bassiana* sobre adultos de *H. hampei*. El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas entre equipos; la infección por el hongo (la natural más la conseguida mediante las aplicaciones) fue en promedio de 52,1%, independiente del equipo de aspersión utilizado. Estos resultados indican que es posible aumentar la infección por *B. bassiana* sobre adultos de broca en el campo cuando se realizan aspersiones sobre los frutos, ya que este es el sitio apropiado para que la broca entre en contacto con el hongo, antes de penetrar al fruto.

Estos resultados indican que la cantidad de hongo sobre los frutos es proporcional a la dosis de hongo asperjado, pero independiente del volumen que se aplique (50 ml ó 10 ml). Esto quiere decir que si se desea asperjar un producto con mayor eficiencia biológica para controlar adultos de broca se debe tener en cuenta: las brocas que se encuentran en tránsito; la proporción de *B. bassiana* asperjado que realmente llega a los frutos y la persistencia del hongo bajo condiciones climáticas imperantes.

Esta investigación demostró que la aplicación de 60 l/ha con el prototipo Motax de bajo volumen y 300 l/ha con equipos de alto volumen para un cafetal de 6000 árboles/ha, empleando la misma dosis de 1×10^{10} esporas/árbol, tiene el mismo efecto biológico sobre los adultos de broca. Estos resultados hacen posible la utilización de equipos de aspersión que requieran menor cantidad de agua a usar en mezcla con el hongo, sin variar la eficiencia del entomopatógeno.

LITERATURA CITADA

1. BUSTILLO, A. E. Uso potencial del entomopatógeno *Beauveria bassiana* en el control de la broca del café. Medellín, SOCOLEN, 1990. p. 91-105. (Miscelánea No. 18).
2. BUSTILLO, A. E. El uso del hongo *Beauveria bassiana* como un componente en un programa de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. In: CONGRESO SOCOLEN 22, Santafé de Bogotá, julio 26-28, 1995. Santafé de Bogotá, SOCOLEN, 1995. p. 79-85
3. FLÓREZ, E.; ASTON, R.; RIVILLAS, C.; LEGUIZAMÓN, J. Pruebas de cubrimiento en frutos de la variedad caturra con diferentes equipos y sistemas de aspersión. In: CONGRESO SOCOLEN 19, Manizales, julio 15-17 de 1992. Manizales, SOCOLEN, 1992. p.105.
4. PRIOR, C.; JOLLANDS, P.; Le PATOUREL, G. Infectivity of oil and water formulations of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) to the cocoa weevil pest *Pantorhytes plutus* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Invertebrate Pathology 52: 66-72. 1988.
5. VÉLEZ, P. E.; MONTOYAR., E. C. Supervivencia del hongo *Beauveria bassiana* bajo radiación solar en condiciones de laboratorio y campo. Cenicafé 44(3): 111-122. 1993.
6. VILLALBA, D. A.; BUSTILLO P., A. E.; CHÁVES, B. Evaluación de insecticidas para el control de la broca del café en Colombia. Cenicafé 46 (3):152-163. 1995.

